

一個新的字根加碼應用在鍵盤字根之定位 A New Radical Code for Key Top Placement

李莉莉 Lily Lee

Department of Computer Science, N. C. T. U.

(Received March, 1978)

Abstract — According to the CHIPS [5] (A CHINESE Information Processing System developed at the National Chiao Tung University), each radical is keyed in by operating two keys simultaneously - data key and select key. In this paper a new system algorithm is introduced. By applying which the radicals can be placed on the key top properly through administering the data key only. This system will help increase the input-speed.

摘要：目前交大中文資料處理系統，所使用的中文鍵盤，在輸入字根序列之字根時，要同時操作兩個鍵一字根鍵（Data key）及選擇鍵（Select key）。本文將發表一個有系統的方法（Algorithm）將字根適當的安排在鍵盤上時，只需操作字根鍵，不須使用選擇鍵即可單一地認別輸入的漢字。這個方法相信會將輸入的速率，適度地提高。

本文選擇的漢字，是根據“中文電腦基本用字研究”中最常用的8532個漢字組成[1]。由於本文所發表的方法是由這些漢字綜合而來，其適用之範圍勢將不止於此，足夠一般廣用之需要。

一、前言

近年來國內外許多專家都致力於研究計算機的中文資料輸入輸出。已提出了各種類似或完全不同的方法，並且有了一些實際的應用[2, 5]。交大目前發展的中文資料處理系統(CHIPS)是其中之一。它是一個計算機的中文資料輸入、輸出及處理系統。整個系統由一架PDP 11/40迷你計算機，一個中文鍵盤，一個陰極射線顯示幕，一台靜電印刷機及一些程式組成。這個系統是由鍵盤輸入字根序列(Component sequence)後，以字根序列為尋找鑰(Search key)求得整個字的結構表示式，同時產生一個16筆(bit)的內用字碼，便利中文資料的處理。此程序中除了中文鍵盤的按鍵工作為人工的，其餘皆為計算機處理的工作。故整個系統的單位時間資料處理量(Throughput)和鍵盤操作的速率有密切的關係。

在CHIPS系統中所用的字根有616個*。配製中文鍵盤有許多方法。每個鍵上只安置一個字根是方法之一，此法需用616個鍵，操作員輸入一個字根只需按一個鍵。但616個鍵組成的鍵盤體積大，不經濟，且找出正確的鍵費時甚多。因此字根鍵盤大多將幾個字根安排在同一個鍵上以圖改善上述之缺點。此法鍵盤的體積縮小了，但輸入一個字根時，除了字根鍵外同時還需按一個選擇鍵，才能選擇正確的字根輸入。因此引發了一些相關的問題，例如增加了操作員的工作，字根序列的輸入形式較為複雜，操作人員須要較久的訓練，而輸入速度，是否較一根一鍵的鍵盤快速，誠屬疑問。

*在原先發表CHIPS時，使用的字根數為460個，為了使得在系統中最多按四下鍵即可尋得8532字中的任何一個，經改善而增為616個[7]。

我們用字根分析漢字，發現並不是所有的字根都能任意組合而成為漢字。以由兩個字根組成的漢字為例，在本文所使用的漢字集合中只有二千六百個字，而由 616 個字根即可組成近三十八萬個（ $616 \times 616 = 379456$ ）個字形，因此真正用到的漢字只佔所有字形的千分之七（ $2600 / 379456$ ）。若字根數加多，其真正存在的字根序列和可以組合成的字根序列的比例，更為降低。

由這些分析，可知有漢字的字根序列佔所有可組成的字根序列中極少的比例。因此，當可找出一個加碼的方法，利用字根序列許多未能利用到的特性（Information redundancy），不一定要將每個字根用不同的認別碼區別，而能將每個漢字單一的認別出來，就是本文討論的主題。

上述的理論為朱四明教授首先提出〔6〕，且為行政院資料處理中心中文資料處理研究室應用，但他們是用人工的方法，只找到了一組用 256 個鍵上的方法。本文提出一個有系統的方法利用計算機輔助，找出需鍵最少而包涵所有的配置方法。

二、基本假設和定義

交大中文資料處理系統中，每一個漢字都有一個結構表示式相對應。結構表示式分成三個部份：一組字根序列，一組關係符號序列及一個表示字根與關係符號相關位置的向量稱為 c/o 向量。中文鍵盤只用來輸入字根序列的，故我們僅需對字根序列加以分析即可。

字根序列由一連串的字根組成，其長度 l 定義為所含字根的個數，據統計 l 由 1 至 8 不等。分析常用 8532 個結構表示式， l 為 1 的有 336 個，表示有 336 個字根本身就是一個漢字。因此要省去選擇鍵而配製一套中文鍵盤至少需要 336 個鍵。這樣的鍵盤仍舊太大，不實用。因此我們放開這點不加考慮，即對於 l 為 1 的字根序列輸入時仍加上選擇鍵，而 $l \geq 2$ 的字根序列輸入時不用選擇鍵。這是本文分析的一個基本假設。在 $l \geq 2$ 的字根序列中，其字根與字根間有一定的關係，我們定義一些關係，集合及符號來分析字根序列。

符號：

A, B, C 等大寫英文字母代表集合。

a, b, c 等小寫英文字母代表集合中的元素。

$N(A)$ 代表 A 集合所含元素的個數。

例 1：R 為全部字根的集合，其中 r_i 表示第 i 個字根。

$$R = \{ r_1, r_2, \dots, r_{616} \}$$

$$N(R) = 616$$

〔定義 1〕：“ \cdot ”為一運算子（Operator）， $r_i \cdot r_j$ 表示兩個字根 r_i, r_j 依次相鄰排列，簡記為 $r_i r_j$ 。

例 2：C 為所有字根序列的集合，其中 c_i 表示第 i 個字根序列。

$$C = \{ c_1, c_2, \dots, c_{8532} \}$$

$$c_i = r_1^i \cdot r_2^i \dots r_m^i = r_1^i r_2^i \dots r_m^i \quad 1 \leq m \leq 8$$

$$N(C) = 8532$$

〔定義 2〕： α —關係

若 $r_i, r_j \in R$ 且 $r_i r_j$ 為某些字根序列的一部份，

則 $r_i \alpha r_j$ ，記為 (r_i, r_j) 。

由定義 2，我們可以將所有的 (r_i, r_j) 組成一個集合，以 R_α 表示，則

$$R_\alpha = \{ (r_i, r_j) \mid r_i \alpha r_j \text{ 且 } \forall r_i, r_j \in R \}$$

[定義 3.]：在 (r_i, r_j) 關係下的後繼字根集合 (Successor)，記為 S_i

$$S_i = \{ r_j \mid (r_i, r_j) \in R_\alpha, r_j \in R \}$$

[定義 4.]：在 (r_j, r_i) 關係下的前趨字根集合 (Predecessor)，記為 P_i

$$P_i = \{ r_j \mid (r_j, r_i) \in R_\alpha, r_j \in R \}$$

故 S_i 為所有能跟在字根 r_i 後的字根合成的集合。 P_i 為所有 r_i 能跟着的字根組成的集合。

將字根配置在鍵上，當然有許多需要考慮的因素，如鍵數的限制，每個鍵上最多可以安置的字根數。在對鍵盤做分析時，先不考慮這些因素，假設鍵的數目及每個鍵上可安置的字根數都無限制，以簡化我們的問題。

以 K 表示鍵盤上所有鍵的集合，而 K_i 為 K 中的第 i 個鍵。則 K_i 可安置好幾個字根，亦為一個字根集合。故 K 為集合的集合。

$$K = \{ K_1, K_2, \dots, K_i, \dots, K_n \} \quad N(K) = n$$

$$K_i = \{ r_1^i, r_2^i, \dots, r_{l_i}^i \mid r_j^i \in R, N(K_i) = l_i \}$$

字根配置時，假設每個字根只能安置一次，則 K_i 及 K_j 必須滿足下列關係。

$$K_i \cap K_j = \phi \text{ (空集合)}$$

$$\bigcup_{i=1}^n K_i = R$$

故 K 是 R 的劃分 (K is a disjoint partition on R)。我們的問題就在如何找到合於要求的劃分。且此劃分中的塊數 (Blocks) 最少，以達到節省鍵數的目的。

三、基本的分析與推演

$r_a r_b$ 為字根序列的一部份，如 $r_a \in K_1, r_b \in K_2$ ，由鍵盤輸入時，需先按 K_1 再接著按 K_2 ，記為 $K_1 \times K_2$ 。因 $K_1^1 = \{ r_1^1, r_2^1, \dots, r_{l_1}^1 \}$ ， $K_2 = \{ r_1^2, r_2^2, \dots, r_{l_2}^2 \}$ ；則 $K_1 \times K_2 = \{ (r_i^1, r_j^2) \mid 1 \leq i \leq l_1, 1 \leq j \leq l_2 \}$ 。如 $K_1 \times K_2$ 中僅 $(r_a, r_b) \in R_2$ ，則可將選擇鍵省去。換言之， (r_a, r_b) 為 $K_1 \times K_2$ 中唯一屬於字根序列的一部份，要滿足此條件，下列二式必須同時成立。

$$r_b \in S_a \text{ 且 } r_b \in S_1^1, \forall r_i^1 \neq r_a \dots \dots \dots (1)$$

$$r_j^2 \in S_1^1 \text{ for } r_j^2 \neq r_b, 1 \leq j \leq l_2, 1 \leq i \leq l_1 \dots \dots \dots (2)$$

由上二式得知除了 r_b 外在 K_2 上的字根皆不屬於 K_1 上任何字根的后繼，且 r_b 僅屬於 r_a 的后繼。以不同的角度討論之，在 K_1 上任何兩個字根的后繼都不含有相同的字根，在 K_2 上任何兩個字根都不能屬於同一個字根的后繼。總言之，能安置在同一鍵上的字根，其相互間需要不含有相同字根為后繼，及前趨。

$$\forall r_i, r_j \in R \text{ and } r_i, r_j \in K_i$$

$$S_i \cap S_j = \phi \text{ and } P_i \cap P_j = \phi \dots \dots \dots (3)$$

前面所討論的配置法，以 $K_1 \times K_2$ 中只得到唯一的部份字根序列。故對 $l = 2$ 的字根序列，可得到唯一的字根序列，即得到唯一的漢字，長度大於二的字根序列，可由下列定理證明為唯一。

[定理一]：(1)(2)兩式為獲得單一字根序列之充分條件。

證明：如果由 $K_1 \times K_2 \times K_3 \dots \times K_n$ 操作得到兩個或以上字根序列。

$$c_1 = r_1^1 r_2^1 r_3^1 \dots r_m^1$$

$$c_2 = r_1^2 r_2^2 r_3^2 \dots r_m^2 \quad 2 \leq m \leq 8$$

則對 $K_i \times K_{i+1}$ 來說僅 $r_a r_b$ 唯一的部分字根序列

$$\text{故 } r_1^1 = r_a = r_1^2, r_{i+1}^1 = r_b = r_{i+1}^2, \dots (2 \leq i \leq m-1)$$

$$\text{故得 } c_1 = c_2 = c$$

得證

定理一的關係，可以保證所有二個鍵以上的操作，得到單一的漢字。雖然可以將條件再加放鬆，得到更好的結果，但至少由定理一，我們可以得到一個下限，亦即在這麼嚴的假設下，仍然可求出一個鍵數，可滿足省去選擇鍵的要求。

四、編排字根演算方法

(A Placement Algorithm for radicals to key top assignment)

根據定理一的分析，我們可以演算出一套方法如系統圖一將 616 字根一步一步地排成一個鍵盤以達成

1. 在此限制下所需鍵最少

2. 省去操作鍵(當 $l \geq 2$)的目的

(1)系統圖的說明：

方塊 1：建立 α 一關係矩陣，設此矩陣為 M ， m_{ij} 為其元素：

在 c 中如有 $r_i \alpha r_j$ 存在則 $m_{ij} = 1$ ，否則 $m_{ij} = 0$

$$\text{故 } S_i = \{ r_j | m_{ij} = 1, 1 \leq j \leq 616 \}$$

$$P_i = \{ r_j | m_{ji} = 1, 1 \leq j \leq 616 \}$$

方塊 2、3：由定理一分析的結果知道 S_i 中的每一個元素都需在不同的鍵上。假如字根 r_m 為有最大後繼字根集合的字根，則 $N(S_m)$ 即為最少須要的鍵數，故由 S_m 著手。將 S_m 中的字根分別安置在一個鍵上，以後安置字根時非不得已不增加字根，則可使鍵數減為最少。

方塊 4：因無關字根可以隨意安置在任何鍵上，故需記錄下來，設以 U_α 表示無關字根集合。

方塊 5：以 A_i 表示可以安置 r_i 的鍵的集合。

任何兩個在同一鍵上的字根 r_i, r_j 不同時屬於 S_g 及 P_h ， $1 \leq g \leq 616, 1 \leq h \leq 616$ 中。則

$$S_i \cap S_j = \phi$$

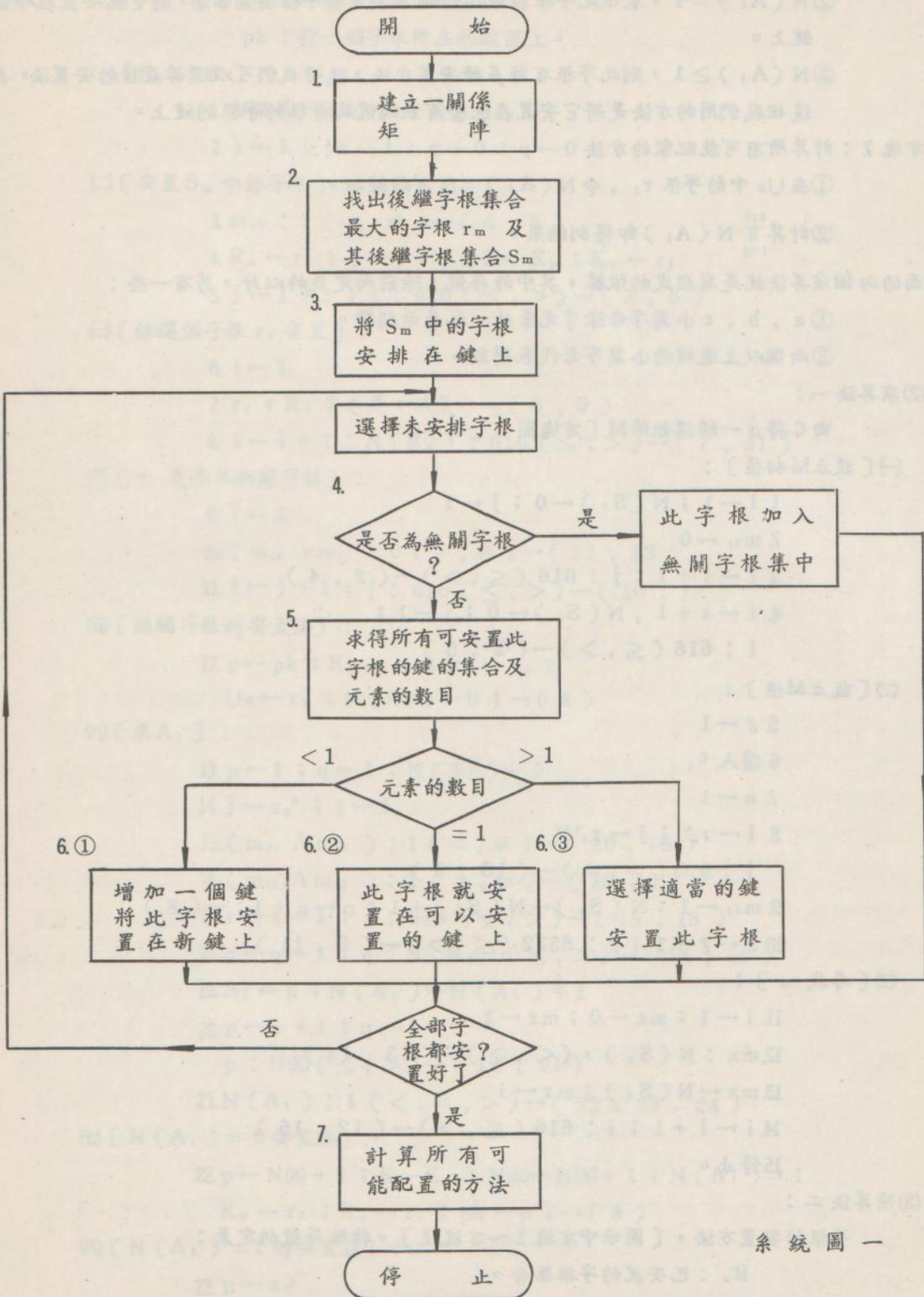
$$P_i \cap P_j = \phi$$

在 K_i 上的字根與要安置的字根皆有上述的關係，則此字根可安置在 K_i 上，將 i 記入 A_i 中。測試了所有的鍵，則得到 A_i 。

$$A_i = \{ a_1^i, a_2^i, \dots, a_n^i \} \quad N(A_i) = n$$

方塊 6：元素的數目就是 $N(A_i)$ ，由 $N(A_i)$ 的數值可以決定安置的方法。

① $N(A_i) = 0$ ，表示此字根不能安置在現有的鍵上，需另加一個鍵安置它。



系統圖一

② $N(A_i) = 1$ ，表示此字根在現有的鍵上，只有一種安置方法，將它就安置在那個鍵上。

③ $N(A_i) \geq 1$ ，則此字根有許多種安置方法，這時我們可以選擇最佳的安置法，在這裡我們用的方法是將它安置在包含有最接近此字根的字根的鍵上。

方塊 7：計算所有可能配製的方法

① 在 $\cup \alpha$ 中的字根 r_i ，令 $N(A_i) =$ 所有的鍵數。

② 計算 $\prod_{i=1}^{616} N(A_i)$ 即得到結果。

下面的兩個演算法就是寫程式的依據，其中的符號，除前面定義的以外，另有一些：

① a, b, c 小寫字母除了元素外，也表示指標。

② 兩個以上連續的小寫字母代表變數。

(2) 演算法一：

由 C 得 α —關係矩陣 M [方塊圖 1, 2]

(一) [設立 M 初值]：

1 $i \leftarrow 1$; $N(S_i) \leftarrow 0$; $j \leftarrow 1$

2 $m_{ij} \leftarrow 0$

3 $j \leftarrow j + 1$; $j : 616 (\leq, >) \rightarrow (2, 4)$

4 $i \leftarrow i + 1$, $N(S_i) \leftarrow 0$; $j \leftarrow 1$;

$i : 616 (\leq, >) \rightarrow (2, 5)$

(二) [設立 M 值]：

5 $\ell \leftarrow 1$

6 讀入 c_i

7 $n \leftarrow 1$

8 $i \leftarrow r_i^n$; $j \leftarrow r_i^{n+1}$

$j : \text{空白} (=, \neq) \rightarrow (10, 9)$

9 $m_{ij} \leftarrow 1$; $N(S_i) \leftarrow N(S_i) + 1$; $n \leftarrow n + 1$; $\rightarrow (8)$

10 $\ell \leftarrow \ell + 1$; $\ell : 8532 (\leq, >) \rightarrow (6, 11)$

(三) [尋找 r_m]：

11 $i \leftarrow 1$; $mx \leftarrow 0$; $mr \leftarrow 1$

12 $mx : N(S_i), (<, \geq) \rightarrow (13, 14)$

13 $mx \leftarrow N(S_i)$; $mr \leftarrow i$

14 $i \leftarrow i + 1$; $i : 616 (\leq, >) \rightarrow (12, 15)$

15 停止。

(3) 演算法二：

字根的安置方法，[圖示中方塊 3 ~ 方塊 7]。特殊符號的定義：

R_0 ：已安置的字根集合。

$A \leftarrow r$ ：將元素 r 加入集合 A 中。

$ABS(a-b)$ ： $a-b$ 的絕對值。

total : 所有可能安置的方法。

pk : 前一個字根所在的鍵號上。

(一) [設立初值] :

1 由演算一得到的mr 放入 i

2 $j \leftarrow 1$; $pk \leftarrow 1$; $p \leftarrow 0$; $q \leftarrow 0$

(二) [安置 S_m 中的字根] :

3 $m_{ij} : 1 (= , \neq) \rightarrow (4 , 5)$

4 $R_s \leftarrow r_j$; $p \leftarrow p + 1$; $K \leftarrow K_p$; $K_p \leftarrow r_j$

5 $j \leftarrow j + 1$; $j : 616 (\leq , >) \rightarrow (3 , 6)$

(三) [任選個字根 r_i 安置] :

6 $i \leftarrow 1$

7 $r_i \in R_s ? (\text{是, 不是}) \rightarrow (8 , 9)$

8 $i \leftarrow i + 1$; $N(R_s) : 616 (\leq , >) \rightarrow (7 , 31)$

四 [r_i 是否為無關字根] :

9 $j \leftarrow 1$

10 $(m_{ij} \vee m_{jt} : 0 (= , \neq) \rightarrow (11 , 13)$

11 $j \leftarrow j + 1$; $j : 616 (\leq , >) \rightarrow (10 , 12)$

五 [無關字根的安置法] :

12 $p \leftarrow pk$; $K_p \leftarrow r_i$; $R_s \leftarrow r_i$;

$\cup \alpha \leftarrow r_i$; $N(A_i) \leftarrow 0$; $\rightarrow (8)$

六 [求 A_i] :

13 $p \leftarrow 1$; $q \leftarrow 1$; $N(A_i) \leftarrow 0$

14 $j \leftarrow r_q^p$; $t \leftarrow 1$

15 $(m_{it} \wedge m_{jt}) : 1 (= , \neq) \rightarrow (20 , 16)$

16 $(m_{ti} \wedge m_{tj}) : 1 (= , \neq) \rightarrow (20 , 17)$

17 $t \leftarrow t + 1$; $t : 616 (\leq , >) \rightarrow (15 , 18)$

18 $q \leftarrow q + 1$; $q : N(K_p) (\leq , >) \rightarrow (14 , 19)$

19 $A_i \leftarrow p$; $N(A_i) \leftarrow N(A_i) + 1$

20 $p \leftarrow p + 1$; $q \leftarrow 1$

$p : N(K) (\leq , >) \rightarrow (14 , 21)$

21 $N(A_i) : 1 (< , = , >) \rightarrow (22 , 23 , 24)$

七 [$N(A_i) = 0$ 安置法] :

22 $p \leftarrow N(K) + 1$; $K \leftarrow K_p$; $N(K) \leftarrow N(K) + 1$; $N(A_i) = 1$

$K_p \leftarrow r_i$; $R_s \leftarrow r_i$; $pk \leftarrow p$; $\rightarrow (8)$

八 [$N(A_i) = 1$ 的安置法] :

23 $p \leftarrow a_i^1$

$K_p \leftarrow r_i$; $R_s \leftarrow r_i$; $pk \leftarrow p$; $\rightarrow (8)$

九 [$N(A_i) > 1$ 的安置法] :

24. $\text{mind} \leftarrow 999$; $\text{min} \leftarrow 999$; $j \leftarrow$
 25. $p \leftarrow a_1^j$; $q \leftarrow 1$
 26. $\text{df} \leftarrow \text{ABS} (r_a^p - r_1)$
 $\text{mind} : \text{df} (< , \geq) \rightarrow (28 , 27)$
 27. $\text{mind} \leftarrow \text{df}$; $\text{min} \leftarrow p$
 28. $q \leftarrow q + 1$; $q : N (K_p) (\leq , >) \rightarrow (26 , 29)$
 29. $j \leftarrow j + 1$; $j : N (A_1) (\leq , >) \rightarrow (25 , 30)$
 30. $p \leftarrow \text{min}$;
 $K_p \leftarrow r_1$; $R_s \leftarrow r_1$; $\text{pk} \leftarrow p$; $\rightarrow (8)$

(+) [計算所有可能的配置法] :

31. $i \leftarrow 1$; $\text{total} \leftarrow 1$
 32. $N (A_1) : 0 (= , \neq) \rightarrow (33 , 34)$
 33. $N (A_1) \leftarrow N (K)$
 34. $\text{total} \leftarrow \text{total} \times N (A_1)$;
 $i \leftarrow i + 1$; $i : 616 (\leq , >) \rightarrow (32 , 35)$

(-)完成 :

35. 停止。

五、結果與進一步的分析

由第四節的演算法一與演算法二，得到一組配製結果，需要用 263 個鍵，每個鍵上最多安置了 8 個字根，即每個鍵上的字根數目由 1 至 8 不等，如附錄一。在解問題的過程中，知道 r_m 為第 120 個字根“>”，它的後繼者就有 263 個。對於同一個字根而言，它的後繼者需在不同的鍵上，故 263 為所需最少的鍵數，得到的結果令人滿意。但是鍵數是否可以減少呢？

做這組鍵盤的配製，我們的要求是連續按任意的兩個鍵，只產生唯一的部份字根序列。這個要求太嚴，如放寬尺度，只要按完一連串的鍵，能產生唯一的字根序列，亦產生唯一的中文字即可，則可再將鍵數減少。

為了要達到這項條件，對於 $\ell = 2$ 的字根序列，其條件與演算法一、二的要求相同。

[定理二]：分辨兩個長度 ($\ell \geq 3$) 相等的字根序列，至少有一組相對應的字根在不同的鍵上。

證明： $c_i = r_1^i r_2^i \dots r_i^i$

$c_{i'} = r_1^{i'} r_2^{i'} \dots r_{i'}^{i'}$

(1) 如果 c_i 與 $c_{i'}$ 中僅有第 j 組字根不同，其餘各組的字根相同，要分辨 c_i 與 $c_{i'}$ ，則 r_j^i 與 $r_j^{i'}$ 必須在不同的鍵上。

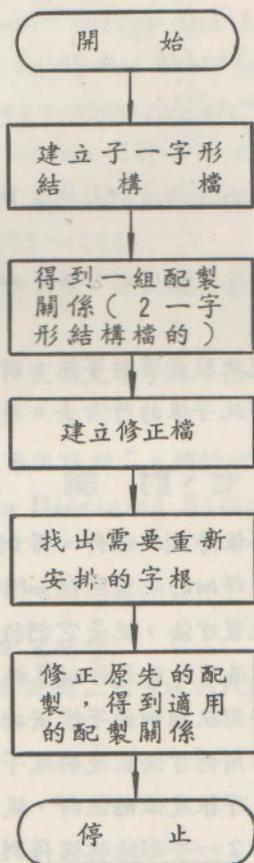
(2) 如果 c_i 與 $c_{i'}$ 中有 m ($m \leq \ell$) 組字根不同，只需在此 m 組字根中至少有一組字根在不同的鍵上即可分辨 c_i 與 $c_{i'}$ 。

由(1)(2)得證。

六、編排能產生唯一字根序列的演算方法

根據定理二得知，任何兩個長度相等的字根序列，只要有一組對應的字根在不同的鍵上，就

可以得到唯一的字根序列。我們可以推論，設計一套方法，如系統圖二，將字根排成一個鍵盤，而達到產生唯一字根序列的要求。



系 統 圖 二

系統圖的說明：

方塊 1：將字形結構檔以字根序列的長度 n 為標準分成幾個子字形結構檔，以 n -字形結構檔表示。 $(1 \leq n \leq 8)$

方塊 2：以 2-字形結構檔（含有 2600 個字形結構式）為基準，用第四節所說的演算法一、二，得到一組配製關係，此時所需的鍵定較 263 為少。

方塊 3：用下面的程序建立修正檔

- (1) 將 2 所得的結果，將同一個鍵上的字根給與相同的數字，不在同一鍵上的字根不為相同的數字。
- (2) 將此數字代入 n -字形說明檔的字根序列中，得到一個新檔，名為 n -數值檔。此處 $3 \leq n \leq 8$ 。
- (3) 將 n -數值檔以數值為鑰，由小到大排列好。檢驗相鄰的兩個數值是否相等，相等就做 (4)，不相等就繼續檢驗所有的數值檔， $3 \leq n \leq 8$ 。

(4)以此數值為鑰找到 m 個字根序列 $r_1^i r_2^i \dots r_n^i$ ，此處 $1 \leq i \leq m$ ， $3 \leq n \leq 8$ ，建立修正檔 P 檔。

1. $p \leftarrow 1$; $q \leftarrow 1$

2. $i \leftarrow 1$; $j \leftarrow 1$

3. $r_j^i : r_j^{i+1} (=, \neq) \rightarrow (5, 4)$

4. $P_{p,q} \leftarrow r_j^i$; $P_{p,q+1} \leftarrow r_j^{i+1}$
 $q \leftarrow q + 2$

5. $j \leftarrow j + 1$; $j : n (<, >) \rightarrow (3, 6)$

6. $p \leftarrow p + 1$; $q \leftarrow 1$

$i \leftarrow i + 1$; $j \leftarrow 1$; $i : m (<, >) \rightarrow (3, 7)$

7. 停止。

方塊 4：分析修正檔— P ，找出出現次數最多的字根，將它由原先的鍵盤上抽出，另安排在一個新鍵上，將修正檔中含有此字根的行除去。再重覆此步驟，到修正檔為一空集合。

七、討 論

1. 以連續按兩個鍵產生唯一的部分字根序列為條件，得到一組配製關係，其所需的鍵數為 263，為在此條件下所需的最少鍵數。詳細的配製關係如附錄一。附錄二為每個字根可能安置的鍵數及其鍵的號碼。所有可能的配製方法，就是它們的組合數，即為全部字根可能安置的鍵數相乘而得，由附錄二得知此數值很大，已大於計算機範圍。
2. CHIPS 系統中字根表的設計是將形狀相似的字根安排在相鄰的位置上，在演算法二中，當字根可安置在好幾個鍵上時，所採用的方法就是將此字根儘可能安排在與它最接近的字根所在的鍵上。這個安排，對於鍵盤上字根定位的設計，提出一種新構想。
3. 以產生唯一的字根序列為條件，以 2—一字形結構檔得到的結果，鍵數為 128 個，亦為在此條件下所需的最少鍵數。故分析修正檔後，鍵的個數應界於 128 與 263 之間。
4. 用 ℓ 為 1 的字根序列有 336 個，故對於 263 個鍵，它必有重複。故新鍵盤配製的結果，對於字根本身就是漢字的字根，仍需使用選擇鍵，但對於其他漢字輸入時，都可省去選擇鍵。
5. 以上所得的結論，雖為產生鍵盤的配製關係，但其本身就是字根加碼的問題，故亦為一種字根加碼法。經過此法加碼後的字根集，使中文資料處理系統的工作更為簡化。尤其以字根做中文索引時，更為簡單，故可用在編排中文字典上。

誌 謝

本文之完成，承蒙謝清俊、杜敏文兩位教授提供寶貴的意見及各方面的指導，特此致謝。

參考文獻

1. 林樹，“中文電腦基本用字研究”，國立交通大學科技報告 CC-601。
2. C.C. Hsieh, et al., “The Analysis and design of the CHIAO-TONG Redical System”, Proceedings of the First Internal Symposium on Computers and Chinese I/O Systems, 49~62, August 1973.

3. M.W. Dn, et al., "Character composition and methods to represent radicals", Proceedings of the First Internal Symposium on computers and Chinese I/O Systems, 63~78, August 1973.
4. Y. W. Hwang, et al., "Keyboard design and implementation of the CHIAO-TUNG Radical System", Proceedings of the First Internal on Computers and Chinese I/O Systems, 943~956. August 1973.
5. M.W. Du, et al., "The Design of the CHIPS-A Chinese Information Processing System", Proceedings of International Computer Symposium 1975, Volume one, August 1975, p.155~165.
6. 朱四明, "多種用途之電子化輸入輸出系統", 交通大學學報, 第二集, 六十五年十二月, pp. 9~22.
7. 杜敏文, "新中文字根集合的設計", 交通大學學報, 第二集, 六十五年十二月, pp. 1~8.
8. 杜敏文, "交大中文資料處理系統之系統設計", 國科會報告, 民國六十四年十一月。
9. Raymond Yeh: Introduction to Discreted Structure, 竹一書局, 民國六十五年九月。

附錄一：由系統圖一得到之字根與鍵的配置關係

*每行的第一個數為鍵的號碼，其他為在此鍵上的字根的代號（見附表）

1	AA	AK	AM	AN		
2	AE	CL				
3	AF	AB	AG	CT		
4	AI	DJ				
5	AU	AC	AP	AT	DK	
6	AV	AD	BE	DT		
7	AW	AH	DZ			
8	AY	EC				
9	AZ	EF				
10	BB	AX	ER			
11	BC	FE				
12	BD	AL	AO	AS	GZ	
13	BF	HD				
14	BJ	BN	BO	HN		
15	BK	HW				
16	BM	BL	HL			
17	BQ	BP	KN			
18	BS	AR	CV	DL	DN	KS
19	BT	BI	LN			
20	BU	MD				
21	BV	BR	NO			

22	BW	BX	NT		
23	BY	OZ			
24	BZ	CA	PN		
25	CC	CH	PT		
26	CE	QW			
27	CF	AQ	RF		
28	CC	RO			
29	CI	RV			
30	CK	BH	SJ		
31	CN	SK			
32	CO	SU			
33	CP	SV			
34	CQ	AJ	CR	SX	
35	CU	CS	CW	SY	
36	CY	SZ			
37	DC	CD	DB	TG	
38	DD	CJ	TH		
39	DG	DH	TT		
40	DI	UF			
41	DM	UQ			
42	DP	US			
43	DQ	VJ			
44	DS	VL			
45	DV	WG			
46	DW	EQ	WI		
47	EG	DE	WL		
48	EH	BA	DR	WO	
49	EI	DU	EA	WR	
50	EJ	CZ	WV		
51	EK	EL	WW		
52	EN	WY			
53	ES	ET	WZ		
54	EU	XB			
55	EV	EO	XC		
56	EW	XF			
57	EX	DA	DF	FJ	XH
58	EZ	BG	XJ		
59	FA	FH	XN		
60	FF				
61	FG	DY	GP		
62	FI	FD			
63	FK	FO			
64	FL	CM	CX	DX	FN
65	FP				

66	FR	FQ					
67	FV						
68	FW						
69	FX						
70	FZ	EE					
71	GA	EB	ED	GB			
72	GC	DO	GE				
73	GF	EY					
74	GG	GD					
75	GH	FC					
76	GI	GJ					
77	GN	FY	GL	GM	GT	GV	
78	GO						
79	GQ	GK					
80	GR						
81	GS						
82	GU						
83	HA						
84	HB						
85	HC						
86	HE	FM					
87	HH	HG					
88	HI	CB					
89	HJ	EP	JL				
90	HP	EM	HM	IK			
91	HS	HR					
92	HT						
93	HU						
94	HZ	HV					
95	IA						
96	IB	HF					
97	IG	HK	IC	ID			
98	IH						
99	IL	IJ					
100	IO	IP	JU	JV			
101	IQ	GW	GX	GY	IR		
102	IS	FB	FS	FT	FU		
103	IT						
104	IV	IU					
105	IW						
106	IX	IY					
107	JE	JA	JF	JH			
108	JJ	HQ					
109	JN	HO					

198	QU	QX		
199	RE	QZ	RA	RD
200	RG	QJ	QR	QT
201	RI	OR		
202	RK			
203	RL	PV		
204	RM	PO	RH	
205	RN			
206	RP			
207	RQ	QV		
208	RS	PY		
209	RX			
210	RZ	QP	RC	
211	SA			
212	SB	RW		
213	SF	PJ	PK	
214	SG			
215	SH	SI		
216	SM	RT	RU	
217	SO	NY		
218	SP	SL	SQ	
219	SR	RB	TD	
220	SW			
221	TB	RR		
222	TC			
223	TE	SC		
224	TF	SD	SE	
225	TI			
226	TK	TA		
227	TL	SN	TJ	
228	TM	TP		
229	TN	UL		
230	TO	RJ	RY	
231	TQ	UM		
232	TX	TV	TW	
233	TY	TZ	UI	
234	UB			
235	UC			
236	UD			
237	UG	UR		
238	UH			
239	UO	UA		
240	UP			
241	UT			

242	UU	UE								
243	UV	UJ	UK	UW	UX	UZ				
244	VE	UY								
245	VF	UN								
246	VI	VB	VC	VH	VW					
247	VK	VM	VN							
248	VO	SS	ST							
249	VP	VD	VQ	VR						
250	VS	VT								
251	VU	TR	TS	TU	VV					
252	VY	VG								
253	VZ	WS	WT	WX	XA	XD	XE	XL		
254	WA	VX								
255	WB	WE	WF							
256	WC									
257	WD									
258	WH									
259	WJ	VA								
260	WQ	WK	WM	WN	WP	XO	XP	XQ		
261	XG									
262	XK	WU								
263	XN	XI	XR							

附錄二：字根與其可安置鍵數詳細表（以字根代號表字根）

AA	1	AU	1	BO	78
AB	208	AV	1	BP	249
AC	230	AW	1	BQ	1
AD	168	AX	114	BR	195
AE	1	AY	1	BS	1
AF	1	AZ	1	BT	1
AG	214	BA	47	BU	1
AH	82	BB	1	BV	1
AI	1	BC	1	BW	1
AJ	46	BD	1	BX	34
AK	93	BE	85	BY	1
AL	23	BF	1	BZ	1
AM	89	BG	21	CA	262
AN	258	BH	67	CB	11
AO	219	BI	32	CC	1
AP	244	BJ	1	CD	19
AQ	69	BK	1	CE	1
AR	56	BL	256	CF	1
AS	44	BM	1	CG	1
AT	192	BN	157	CH	127

CI	1	EA	68	FS	64
CJ	119	EB	31	FT	253
CK	1	EC	1	FU	210
CL	1	ED	255	FV	1
CM	35	EE	39	FW	1
CN	1	EF	1	FX	1
CO	1	EG	1	FY	48
CP	1	EH	1	FZ	1
CQ	1	EI	1	GA	1
CR	101	EJ	1	GB	113
CS	121	EK	1	GC	1
CT	1	EL	237	GD	101
CU	1	EM	29	GE	70
CV	59	EN	1	GF	1
CW	226	EO	95	GG	1
CX	123	EP	14	GH	1
CY	1	EQ	55	GI	1
CZ	41	ER	1	GJ	255
DA	60	ES	1	GK	45
DB	200	ET	108	GL	105
DC	1	EU	1	GM	171
DD	1	EV	1	GN	1
DE	100	EW	1	GO	1
DF	105	EX	1	GP	86
DG	1	EY	19	GQ	1
DH	1	EZ	1	GR	1
DI	1	FA	1	GS	1
DJ	256	FB	12	GT	141
DK	1	FC	20	GU	1
DL	62	FD	57	GV	69
DM	1	FE	1	GW	21
DN	193	FF	1	GX	244
DO	21	FG	1	GY	104
DP	1	FH	61	GZ	1
DQ	1	FI	1	HA	1
DR	69	FJ	61	HB	1
DS	1	FK	1	HC	1
DT	1	FL	1	HD	1
DU	60	FM	56	HE	1
DV	1	FN	118	HF	25
DW	1	FO	125	HG	171
DX	76	FP	1	HH	1
DY	29	FQ	153	HI	1
DZ	1	FR	1	HJ	1

HK	24	JC	244	KU	7
HL	247	JD	251	KV	1
HM	86	JE	1	KW	1
HN	1	JF	153	KX	62
HO	15	JG	40	KY	20
HP	1	JH	202	KZ	1
HQ	57	JI	53	LA	119
HR	215	JJ	1	LB	1
HS	1	JK	30	LC	1
HT	1	JL	1	LD	1
HU	1	JM	62	LE	1
HV	64	JN	1	LF	64
HW	1	JO	1	LG	1
HX	18	JP	1	LH	19
HY	15	JQ	145	LI	19
HZ	1	JR	144	LJ	53
IA	1	JS	1	LK	1
IB	1	JT	88	LL	1
IC	63	JU	32	LM	1
ID	104	JV	214	LN	1
IE	13	JW	1	LO	1
IF	163	JX	1	LP	1
IG	1	JY	1	LQ	1
IH	1	JZ	1	LR	1
II	16	KA	63	LS	1
IJ	22	KB	175	LT	19
IK	27	KC	78	LU	33
IL	1	KD	82	LV	1
IM	11	KE	1	LW	1
IN	16	KF	18	LX	32
IO	1	KG	1	LY	1
IP	252	KH	1	LZ	131
IQ	1	KI	203	MA	1
IR	152	KJ	22	MB	1
IS	1	KK	1	MC	1
IT	1	KL	1	MD	1
IU	61	KM	48	ME	97
IV	1	KN	1	MF	1
IW	1	KO	55	MG	1
IX	1	KP	250	MH	71
IY	58	KQ	1	MI	1
IZ	49	KR	1	MJ	28
JA	104	KS	1	MK	151
JB	53	KT	165	ML	32

MM	1191	VE	OE	1	PW	1
MN	212	VF	OF	1	PX	1
MO	44	VG	OG	1	PY	25
MP	1	VH	OH	1	PZ	1
MQ	152	VI	OI	33	QA	1
MR	23	VJ	OJ	37	QB	17
MS	17	VK	OK	170	QC	1
MT	206	VL	OL	190	QD	1
MU	34	VM	OM	23	QE	1
MV	1211	VN	ON	161	QF	237
MW	1	VO	OO	1	QG	1
MX	76	VQ	OP	51	QH	82
MY	29	VR	OQ	1	QI	37
MZ	8	VS	OR	8	QJ	26
NA	1231	VT	OS	1	QK	1
NB	1	VU	OT	15	QL	1
NC	207	VV	OU	1	QM	1
ND	1	VW	OV	1	QN	189
NE	80	VX	OW	27	QO	187
NF	1	VY	OX	152	QP	9
NG	62	VZ	OY	1	QQ	1
NH	1	WA	OZ	1	QR	35
NI	36	WB	PA	48	QS	1
NJ	1	WC	PB	35	QT	28
NK	1	WD	PC	1	QU	1
NL	1	WE	PD	222	QV	46
NM	1	WF	PE	1	QW	1
NN	1	WG	PF	1	QX	78
NO	1	WH	PG	256	QY	11
NP	83	WI	PH	21	QZ	32
NQ	1062	WJ	PI	260	RA	261
NR	1	WK	PJ	5	RB	25
NS	10	WL	PK	181	RC	14
NT	1	WM	PL	67	RD	243
NU	1	WN	PM	1	RE	1
NV	16	WO	PN	1	RF	1
NW	78	WP	PO	8	RG	1
NX	1	WQ	PP	145	RH	109
NY	6	WR	PQ	1	RI	1
NZ	8	WS	PR	50	RJ	2
OA	76	WT	PS	263	RK	1
OB	1	WU	PT	1	RL	1
OC	63	WV	PU	1	RM	1
OD	1	WW	PV	12	RN	1

RO	1	TG	1	UY	78
RP	1	TH	83	UZ	48
RQ	1	TI	1	VA	4
RR	10	TJ	1	VB	34
RS	1	TK	1	VC	119
RT	29	TL	1	VD	2
RU	58	TM	1	VE	1
RV	1	TN	1	VF	1
RW	11	TO	1	VG	4
RX	1	TP	6	VH	126
RY	58	TQ	1	VI	1
RZ	1	TR	2	VJ	1
SA	1	TS	197	VK	1
SB	1	TT	1	VL	1
SC	5	TU	252	VM	151
SD	37	TV	20	VN	5
SE	85	TW	17	VO	1
SF	1	TX	1	VP	1
SG	1	TY	1	VQ	76
SH	1	TZ	105	VR	227
SI	196	UA	4	VS	1
SJ	1	UB	1	VT	63
SK	1	UC	1	VU	1
SL	100	UD	1	VV	75
SM	1	UE	4	VW	26
SN	12	UF	1	VX	4
SO	1	UG	1	VY	1
SP	1	UH	1	VZ	1
SQ	226	UI	8	WA	1
SR	1	UJ	16	WB	1
SS	4	UK	164	WC	1
ST	206	UL	2	WD	1
SU	1	UM	2	WE	14
SV	1	UN	4	WF	65
SW	1	UO	1	WG	1
SX	1	UP	1	WH	1
SY	1	UQ	1	WI	1
SZ	1	UR	9	WJ	1
TA	16	US	1	WK	69
TB	1	UT	1	WL	1
TC	1	UU	1	WM	261
TD	14	UV	1	WN	246
TE	1	UW	35	WO	1
TF	1	UX	175	WP	45

WQ	1	YU	1	DT	1	OR
WR	1	TU	88	HT	1	9R
WS	8	AV	1	TT	1	OR
WT	248	VB	1	LT	10	25
WU	15	VC	1	TX	1	1
WV	1	VD	1	FT	28	1
WW	1	VE	1	TM	28	1
WX	69	VF	1	TR	1	1
WY	1	VG	1	TO	11	1
WZ	1	VH	1	TP	1	1
XA	263	VI	1	TO	28	237
XB	1	VJ	5	TR	1	1
XC	1	VK	187	TS	1	28
XD	212	VL	1	TT	10	1
XE	260	VM	285	TU	10	26
XF	1	VN	20	TV	37	1
XG	1	VO	17	TW	28	1
XH	1	VP	1	TX	1	1
XI	48	VQ	1	TY	1	188
XJ	1	VR	102	TZ	1	187
XK	1	VS	4	UA	188	1
XL	34	VT	1	UB	1	1
XM	1	AV	1	UC	1	36
XN	1	VA	1	UD	100	1
XO	15	VW	4	UE	1	28
XP	198	VX	1	UF	15	1
XQ	137	VY	1	UG	1	46
XR	244	VS	1	UH	1	1
		WA	8	UI	258	87
		WB	18	UJ	1	11
		WC	184	UK	4	22
		WD	5	UL	508	262
		WE	5	UM	1	25
		WF	4	UN	1	14
		WG	1	UO	1	243
		WH	1	UP	1	1
		WI	1	UQ	1	1
		WJ	9	UR	1	1
		WK	1	US	16	101
		WL	1	UT	1	1
		WM	8	UU	1	2
		WN	1	UV	14	1
		WO	1	UW	1	1
		WP	138	UX	1	1
		WQ	21			

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
A:	丨	丶	ノ	一	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨	丨
B:	八	人	入	亠	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫	冫
C:	丁	力	二	匚	丁	丁	匕	匕	刀	刀	刀	刀	刀	刀	刀	刀	刀	刀	刀	刀	刀	刀	刀	刀	刀	刀
D:	开	开	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日	日
E:	弋	弋	E	E	又	又	弓	弓	女	女	夕	夕	夕	夕	夕	夕	夕	夕	夕	夕	夕	夕	夕	夕	夕	夕
F:	干	干	子	子	子	子	工	工	九	九	才	才	丈	丈	刀	刀	巾	巾	小	小	山	山	山	山	山	山
G:	彳	彳	凡	凡	凡	凡	彳	彳	彳	彳	彳	彳	彳	彳	彳	彳	彳	彳	彳	彳	彳	彳	彳	彳	彳	彳
H:	日	日	月	月	心	心	尸	尸	气	气	毛	毛	爪	爪	爪	爪	爪	爪	爪	爪	爪	爪	爪	爪	爪	爪
I:	主	主	尤	尤	巴	巴	夭	夭	夭	夭	犬	犬	五	五	开	开	云	云	夫	夫	尹	尹	尹	尹	尹	尹
J:	非	非	非	非	内	内	丹	丹	手	手	母	母	母	母	互	互	井	井	尸	尸	弓	弓	弓	弓	弓	弓
K:	牛	牛	牛	牛	夕	夕	氏	氏	及	及	土	土	双	双	夕	夕	立	立	衣	衣	衣	衣	衣	衣	衣	衣
L:	疋	疋	可	可	古	古	去	去	弟	弟	戊	戊	正	正	石	石	本	本	皮	皮	民	民	民	民	民	民
M:	疋	疋	平	平	互	互	目	目	田	田	用	用	且	且	皿	皿	吕	吕	舟	舟	由	由	由	由	由	由
N:	必	丘	乎	乎	斤	斤	勿	勿	包	包	只	只	古	古	另	另	句	句	羊	羊	羊	羊	羊	羊	羊	羊
O:	幸	而	吏	吏	羽	羽	共	共	声	声	弗	弗	束	束	丞	丞	半	半	虫	虫	虫	虫	虫	虫	虫	虫
P:	缶	奈	月	月	回	回	良	良	自	自	旭	旭	文	文	走	走	更	更	更	更	更	更	更	更	更	更
Q:	酉	求	前	前	辰	辰	束	束	长	长	夷	夷	巫	巫	雨	雨	雨	雨	雨	雨	雨	雨	雨	雨	雨	雨
R:	吧	尚	旱	旱	回	回	其	其	其	其	金	金	尚	尚	心	心	來	來	來	來	來	來	來	來	來	來
S:	門	門	非	非	臣	臣	具	具	典	典	隹	隹	無	無	制	制	乖	乖	乘	乘	武	武	爲	爲	爲	爲
T:	号	員	俞	俞	若	若	若	若	若	若	若	若	若	若	若	若	若	若	若	若	若	若	若	若	若	若
U:	束	甚	高	高	高	高	看	看	重	重	卑	卑	垂	垂	垂	垂	能	能	高	高	兼	兼	兼	兼	兼	兼
V:	纒	率	率	率	黄	黄	美	美	美	美	爽	爽	魚	魚	泉	泉	泉	泉	泉	泉	泉	泉	泉	泉	泉	泉
W:	畏	鬼	壽	壽	爾	爾	齒	齒	慶	慶	龍	龍	興	興	麗	麗	夕	夕	夕	夕	夕	夕	夕	夕	夕	夕
X:	傘	奘	盤	盤	龜	龜	靈	靈	天	天	段	段	函	函	糸	糸	糸	糸	糸	糸	糸	糸	糸	糸	糸	糸

附表：字根與字根代號表